

**Verfahren zur Regelung des Druckaufbaus in einer
elektronisch regelbaren Bremsanlage**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung des Druckaufbaus in einer elektronisch regelbaren Bremsanlage für vorzugsweise Kraftfahrzeuge, mit einem Hauptbremszylinder, insbesondere Tandemhauptbremszylinder (THZ), einem Vakuumbremskraftverstärker (Booster), mindestens einer weiteren Druckquelle für eine Bremskraftunterstützung, vorzugsweise eine hydraulische Pumpe, die durch eine Steuereinheit ansteuerbar ist und mit deren Druck Radbremsen des Fahrzeugs beaufschlagbar sind.

Die Erfindung betrifft ebenso eine Vorrichtung zur Regelung des Druckaufbaus in einer elektronisch regelbaren Bremsanlage für vorzugsweise Kraftfahrzeuge, mit einem Hauptbremszylinder, einem Vakuumbremskraftverstärker (Booster), mindestens einer einer Pumpe aufweisenden weiteren Druckquelle, die durch eine Steuereinheit ansteuerbar ist und mit deren Druck Radbremsen des Fahrzeugs beaufschlagbar sind.

Die Erfindung betrifft auch eine hydraulische Kraftfahrzeugbremsanlage.

Unterdruckbremskraftverstärker benötigen eine vom Motor zur Verfügung gestellte Unterdruckversorgung zur Unterstützung der von dem Fahrer aufzubringenden Pedalkraft. Abhängig von der Unterdruckversorgung wird bei bestimmten Pedalkräften ein Zustand erreicht, bei dem eine weitere Erhöhung der Kraft auf die Betätigungsseinheit nur durch eine Steigerung der Pedalkraft möglich ist, da der

Unterdruckbremskraftverstärker die maximal mögliche Unterstützungskraft erreicht hat. Den Zustand bezeichnet man als Aussteuerpunkt des Verstärkers.

Ist die maximal erreichbare Unterstützungskraft durch eine nur schwache Unterdruckversorgung zur gering, was im Zuge neuer Motorentechnik, wie z.B. Benzin-Direkteinspritzer oder Dieselmotoren immer stärker der Fall ist, dann wird eine zusätzliche Bremskraftunterstützung erforderlich. Eine Möglichkeit zur Erzeugung einer zusätzlichen Bremskraft bzw. eines Zusatz-Bremsdrucks ist der Einsatz einer "aktiven" hydraulischen Bremskraftunterstützung. Dies wird z.B. mittels einer hydraulischen Pumpe erreicht. Der hydraulische Druck, der im hydraulischen Hauptbremszylinder aus der vom Fahrer über das Bremspedal eingesteuerten, mittels Unterdruckbremskraftverstärker verstärkten Bremskraft resultiert, wird dabei von der hydraulischen Pumpe zusätzlich erhöht. Diese Pumpe wird von einem Elektromotor angetrieben, der von einer elektronischen Bremsenregelungseinheit angesteuert wird.

1 In der EP 0 754 607 A1 ist eine Bremsanlage mit einem Bremskraftverstärker und einem hydraulischen Bremsregelungssystem für Fahrzeuge offenbart, das einen höheren als den eingesteuerten Druck erzeugen kann. Das System ist gekennzeichnet durch eine Auswertevorrichtung, die das Unterschreiten eines vorgegebenen Verhältnisses der Hilfskraft zur Betätigungs Kraft (Aussteuerpunkts eines Boosters) erkennt, durch eine Steuervorrichtung, die mittels des hydraulischen Bremsregelungssystems nach Unterschreiten dieses Verhältnisses einen Soll-Druck in den Radbremsen erzeugt, und durch einen Soll-Druck, durch den zumindest teilweise eine Kompensation der Auswirkungen von einer im Verhältnis zur Betätigungs Kraft zur Verfügung

stehenden Hilfskraft erfolgt.

Bei diesen Systemen ist es ein Problem, einen „analogen“ Übergang zur Bremskraftunterstützung darzustellen, da es bedingt durch Ventilschaltungen oder Pumpenläufen nur zu einerstufigen Druckerhöhung kommt. Denn die zur aktiven Druckerhöhung notwendigen Ventilschaltungen und /oder Pumpenläufe können erst dann getätigter werden, wenn eine auswertbare Regelabweichung ausgebildet wurde.

Die Entstehung eines stumpfen Pedalgefühls ist nicht nur durch das "Abwarten" einer Regelabweichung bedingt, sondern auch bei Fahrervorgaben (Druckerhöhungen) mit erhöhtem Gradienten. Der in Folge der erhöhten Betätigungs geschwindigkeit geringere Zeitrahmen, reicht nicht aus, um den in Folge der Raumverkleinerung ansteigenden Druck in der Vakuumkammer mit dem ohnehin schon verringerten zur Verfügung stehenden Unterdrucks (geringer Motorunterdruck) wieder auszugleichen. Dass bedeutet die Druckdifferenz über der Membran in dem Vakuumbremskraftverstärker ist geringer, als das z. B. bei einem quasistationären Gradienten der Fall wäre. So sind die Betätigungs kräfte der Bremse für den Fahrer zu hoch.

Darüber hinaus macht sich ein systembedingte Anlaufverhalten der Pumpe mit zunehmender Antrittsgeschwindigkeit ebenfalls in stärker bemerkbar durch einen Zeitverzug bzgl. des aktiven Druckaufbaus. Hierdurch wird das oben genannte "stumpfe Pedalgefühl" deutlicher spürbar und beeinflusst in negativem Sinne das Komfortempfinden und die mögliche Betätigungs geschwindigkeit des Fahrers beim Bremsen.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung bereitzustellen, das eine verbesserte Regelung des Druckaufbaus in einer elektronisch regelbaren Bremsanlage ermöglicht.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche gelöst.

Weitere, bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Unteransprüchen angegeben.

Es ist erfindungsgemäß vorgesehen, bei einem Verfahren zur Regelung des Druckaufbaus in einer elektronisch regelbaren Bremsanlage für vorzugsweise Kraftfahrzeuge, mit einem Hauptbremszylinder, insbesondere Tandemhauptbremszylinder (THZ), einem Vakuumbremskraftverstärker (Booster), mindestens einer weiteren Druckquelle für eine Bremskraftunterstützung, vorzugsweise eine hydraulische Pumpe, die durch eine Steuereinheit ansteuerbar ist und mit deren Druck Radbremsen des Fahrzeugs beaufschlagbar sind, dass eine Annäherung an einen Punkt des Unterschreitens eines vorgegebenen Verhältnisses der Hilfskraft zur Betätigungs kraft (Aussteuerpunkt) des Vakuumbremskraftverstärkers (Boosters) ermittelt wird, dass ein Druckgradient im Hauptbremszylinder (THZ-Druckgradient) ermittelt wird, und dass bei einer erkannten Annäherung an den Aussteuerpunkt des Boosters und bei Überschreiten eines Druckgradient-Grenzwerts von dem ermittelten THZ-Druckgradient die weitere Druckquelle für eine Bremskraftunterstützung angesteuert wird, zwecks Aufbau von zusätzlichem Bremsdruck.

Der Begriff "Aussteuerpunkt" ist hier insbesondere durch den Bremsdruck festgelegt, bei dem das vorgegebene

Verhältnisses der Hilfskraft zur Betätigungs Kraft unterschritten wird. Damit ist also auch ein "Aussteuerpunkt-Bremsdruckwert" gemeint.

Durch dieses Verfahren erfolgt die Festlegung und Einstellung des Bremsdrucks (Verstärkung) schon vor der Bildung einer Regelabweichung. Bei einer Erhöhung der Fußkraft des Fahrers auf das Bremspedal (Pedalkraft) kann ohne (merkliche) Verzögerung der Druck im System und damit der Radbremsdruck mit dementsprechendem Faktor erhöht werden. Ein „stumpfes“ Pedalgefühl für den Fahrer stellt sich nicht ein. Vielmehr bleibt das für den Fahrer gewohnte, komfortable Pedalgefühl -wie bei einer alleinigen Booster-Unterstützung- nahezu erhalten.

Nach der Erfindung ist es vorgesehen, dass der Druckgradient-Grenzwert in einem Bereich von 150 bar/s bis 250 bar/s, vorzugsweise 190 bar/s bis 210 bar/s, liegt, insbesondere ca. 200 bar/s beträgt.

Es ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die weitere Druckquelle für eine Bremskraftunterstützung dann angesteuert wird, wenn das Überschreiten des Druckgradient-Grenzwerts für einen vorgegebenen oder ermittelten Mindestzeitraum erkannt wurde, der in einem Bereich von 10 ms bis 100 ms, vorzugsweise 20 ms bis 40 ms, liegt und insbesondere ca. 30 ms beträgt.

In einer besonders günstigen Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass bei einer erkannten Annäherung an den Aussteuerpunkt des Boosters und bei Überschreiten des Druckgradient-Grenzwerts von dem ermittelten THZ-Druckgradienten ein vorgegebener oder berechneter, vorzugsweise eine berechneter Aussteuerpunkt des Boosters

um einen vorgegebenen oder ermittelten geeigneten Aussteuerpunkt-Erniedrigungswert, d. h. einen Aussteuerpunkt-Erniedrigungsdruckwert, verringert wird und so ein korrigierter Aussteuerpunkt, d. h. ein korrigierter Aussteuerpunkt-Bremsdruckwert, ermittelt wird, der zu einer Ansteuerung der weiteren Druckquelle zwecks Aufbau von zusätzlichem Bremsdruck führt.

Vorteilhaft werden so keine Regelabweichung erzeugt, sondern vielmehr ein „weicher“ Übergang von der Druckerhöhung durch den Booster und der zusätzlichen Unterstützung durch die hydraulische Pumpe realisiert. Es kann dadurch eine hinreichend große und auch rasche Verstärkung ermöglicht werden und zugleich am Pedal für den Fahrer ein spürbarer Übergang in der Bremskraftverstärkung vermieden werden.

Es ist vorgesehen, dass beim Erreichen des Austeuerpunkts die zur Bremsbetätigung des Fahrers, d. h. zu seinem "Antritt", passende Unterstützung durch die hydraulische Pumpe, d. h. eine passende Pumpendrehzahl, einzustellen und nicht durch das Anlaufverhalten der Pumpe eine Verschlechterung des Bremspedalgefühls zu erzeugen. Das Anlaufverhalten der Pumpe wird erfindungsgemäß durch ein Verlegen in die noch durch den Booster unterstützte Phase beim Bremsdruckaufbau "kaschiert", d. h. das Pedalgefühl für den Fahrer bleibt auch bei Pumpenanlauf (zur Unterstützung durch die hydraulische Pumpe) erhalten.

Erfindungsgemäß wird ein Druck im Hauptbremszylinder (THZ-Druck) ermittelt und als eine Fahrervorgabe repräsentierende Führungsgröße für eine Bremsdruckregelung verwendet und bei einem Überschreiten des THZ-Drucks über den (erfindungsgemäß "vorverlegten") Aussteuerpunkt bzw.

den (erfindungsgemäß "vorverlegten") Aussteuerpunkt-Bremsdruckwert und/oder dem korrigierter Aussteuerpunkt des Boosters wird die weitere Druckquelle angesteuert, zwecks Aufbau von zusätzlichem Bremsdruck.

Nach der Erfindung ist es vorgesehen, dass der Aussteuerpunkt des Boosters für die Bremsdruckregelung als konstant angenommen wird, wenn im Verlauf einer andauernden Bremsdruckerhöhung der um den Aussteuerpunkt-Erniedrigungswert verringerte Aussteuerpunkt (korrigierter Aussteuerpunkt) erreicht oder unterschritten wird.

Es ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass der Aussteuerpunkt des Boosters laufend berechnet wird und eine erkannte Änderung des berechneten Aussteuerpunkt des Boosters bei einer Ermittlung eines vorgegebenen oder ermittelten geeignete Aussteuerpunkt-Erniedrigungswert mit berücksichtigt wird.

In einer Ausführung ist es vorgesehen, dass die Annäherung an den Aussteuerpunkt des Boosters nach Maßgabe einer abgelegten, kalibrierten Booster-Kennlinie ermittelt oder abgeschätzt wird.

Die Aufgabe wird auch durch eine Vorrichtung zur Regelung des Druckaufbaus in einer elektronisch regelbaren Bremsanlage für vorzugsweise Kraftfahrzeuge, mit einem Hauptbremszylinder, einem Vakuumbremskraftverstärker (Booster), mindestens einer eine Pumpe aufweisenden weiteren Druckquelle, die durch eine Steuereinheit ansteuerbar ist und mit deren Druck Radbremsen des Fahrzeugs beaufschlagbar sind, insbesondere zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahren, gelöst, bei der es vorgesehen ist, dass die Steuereinheit eine

Ermittlungs- und Ansteuereinheit aufweist, zur Ermittlung einer Annäherung an einen Punkt des Unterschreitens eines vorgegebenen Verhältnisses der Hilfskraft zur Betätigkraft (Aussteuerpunkt) des Vakuumbremskraftverstärkers (Boosters) und eines Druckgradienten im Hauptbremszylinder (THZ-Druckgradient) und zur Ansteuerung der weiteren Druckquelle zwecks Aufbau von zusätzlichem Bremsdruck, wenn bei einer erkannten Annäherung an den Aussteuerpunkt des Boosters ein vorgegebener oder ermittelter Druckgradient-Grenzwert von dem ermittelten THZ-Druckgradienten überschritten wird.

Als Pumpe für die weitere Druckquelle wird vorzugsweise mindestens eine hydraulische Pumpe verwendet, allein oder in Kombination mit einem hydraulischen Druckspeicher.

Die Aufgabe wird ebenso durch eine hydraulische Kraftfahrzeugbremsanlage mit einer elektronischen Regelung mit einer Vorrichtung nach der Erfindung gelöst.

Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Ein Kraftfahrzeug weist eine hydraulische Bremsanlage mit einer elektronischen Regelung mit einer Vorrichtung nach der Erfindung auf. Mittels einer Bremsensteuereinheit wird ein ermittelter THZ-Druckgradient unterhalb des Aussteuerpunktes des Boosters ausgewertet. Die Beobachtung des Gradienten beginnt vorzugsweise ab einem THZ-Druck größer 3 bar. Übersteigt der Gradient den Wert von vorzugsweise ca. 200 bar/s, und liegt dieser mindestens für eine Zeit von z. B. 3 Durchläufen eines Reglerprogramms (Regler-Loop), in diesem Beispiel eine Zeit von vorzugsweise ca. 30 ms an, so wird der berechnete

Aussteuerpunkt um einen geeigneten Wert, vorteilhaft ca. 5 bar, erniedrigt und so ein korrigierter Aussteuerpunkt festgelegt. Der Wert der Verringerung wird so gewählt, dass bei Überschreitung des THZ-Drucks, der als Führungsgröße bzw. Wert der Fahrervorgabe gilt, über den Aussteuerpunkt, eine der Fahrerbremsvorgabe (sein "Antritt") entsprechende Ansteuerung (Vollansteuerung) der für den aktiven Aufbau verantwortlichen Pumpe gewährleistet ist.

Wird im Verlauf einer andauernden Druckerhöhung die 5 bar-Schwelle zwischen Solldruck, d.h. einer gerechneten Druckvorgabe ab Überschreiten des Aussteuerpunkts und dem Aussteuerpunkt bzw. Aussteuerpunkt-Bremsdruckwert erreicht bzw. überschritten, so wird der Aussteuerpunkt bzw. Aussteuerpunkt-Bremsdruckwert konstant gehalten.

Der nicht offsetbehaftete "Rohwert" des Aussteuerpunkt, d.h. der Aussteuerpunkt ohne die Verringerung, wird im Hintergrund weiterberechnet. Steigt dieser weiter ermittelte Wert des Aussteuerpunkts durch ein Lösen oder ein Konstanthalten des Bremspedals wieder an, so wird auch der korrigierte, offsetbehaftete Aussteuerpunkt bei Erreichen des Aussteuerpunkt weiter erhöht, um einen harmonischen Übergang beim Austritt aus der Regelung der Bremsdruckerhöhung mittels der Pumpe zu gewährleisten.

Hierdurch wird ein früheres Ansteuern und gleichzeitig, dem anstehenden Gradienten, bedarfsgerechtes Ansteuern der Pumpe erreicht. Dies ermöglicht vorteilhaft ein spürbar verbessertes Pedalgefühl, d. h. ein deutlich weniger "stumpfes Pedal" bis in den Bereich der Grenzen des aktiven Druckaufbaus mittels der Pumpe.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung des Druckaufbaus in einer elektronisch regelbaren Bremsanlage für vorzugsweise Kraftfahrzeuge, mit einem Hauptbremszylinder, insbesondere Tandemhauptbremszylinder (THZ), einem Vakuumbremskraftverstärker (Booster), mindestens einer weiteren Druckquelle für eine Bremskraftunterstützung, vorzugsweise eine hydraulische Pumpe, die durch eine Steuereinheit ansteuerbar ist und mit deren Druck Radbremsen des Fahrzeugs beaufschlagbar sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Annäherung an einen Punkt des Unterschreitens eines vorgegebenen Verhältnisses der Hilfskraft zur Betätigungs kraft (Aussteuerpunkt) des Vakuumbremskraftverstärkers (Boosters) ermittelt wird, dass ein Druckgradient im Hauptbremszylinder (THZ-Druckgradient) ermittelt wird, und dass bei einer erkannten Annäherung an den Aussteuerpunkt des Boosters und bei Überschreiten eines Druckgradient-Grenzwerts von dem ermittelten THZ-Druckgradient die weitere Druckquelle für eine Bremskraftunterstützung angesteuert wird, zwecks Aufbau von zusätzlichem Bremsdruck.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Druckgradient-Grenzwert in einem Bereich von 150 bar/s bis 250 bar/s, vorzugsweise 190 bar/s bis 210 bar/s, liegt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die weitere Druckquelle für eine Bremskraftunterstützung dann angesteuert wird, wenn das Überschreiten des Druckgradient-

Grenzwerts für einen vorgegebenen oder ermittelten Mindestzeitraum in einem Bereich von 10 ms bis 100 ms, vorzugsweise 20 ms bis 40 ms, erkannt wurde.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer erkannten Annäherung an den Aussteuerpunkt des Boosters und bei Überschreiten des Druckgradient-Grenzwerts von dem ermittelten THZ-Druckgradienten ein vorgegebener oder berechneter, vorzugsweise eine berechneter Aussteuerpunkt des Boosters um einen vorgegebenen oder ermittelten geeigneten Aussteuerpunkt- Erniedrigungswert verringert wird und so ein korrigierter Aussteuerpunkt ermittelt wird, der zu einer Ansteuerung der weiteren Druckquelle zwecks Aufbau von zusätzlichem Bremsdruck führt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Druck im Hauptbremszylinder (THZ-Druck) ermittelt wird und als eine Fahrervorgabe repräsentierende Führungsgröße für eine Bremsdruckregelung verwendet wird und dass bei einem Überschreiten des THZ-Drucks über den Aussteuerpunkt oder einen korrigierten Aussteuerpunkt des Boosters die weitere Druckquelle angesteuert wird, zwecks Aufbau von zusätzlichem Bremsdruck.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Aussteuerpunkt des Boosters für die Bremsdruckregelung als konstant angenommen wird, wenn im Verlauf einer andauernden Bremsdruckerhöhung der um den Aussteuerpunkt- Erniedrigungswert verringerte Aussteuerpunkt (korrigierte Aussteuerpunkt) erreicht oder

unterschritten wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass der Aussteuerpunkt des Boosters laufend berechnet wird und eine erkannte Änderung des berechneten Aussteuerpunkt des Boosters bei einer Ermittlung eines vorgegebenen oder ermittelten geeignete Aussteuerpunkt-Erniedrigungswert mit berücksichtigt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass die Annäherung an den Aussteuerpunkt des Boosters nach Maßgabe einer abgelegten, kalibrierten Booster-Kennlinie ermittelt oder abgeschätzt wird.
9. Vorrichtung zur Regelung des Druckaufbaus in einer elektronisch regelbaren Bremsanlage für vorzugsweise Kraftfahrzeuge, mit einem Hauptbremszylinder, einem Vakumbremeskraftverstärker (Booster), mindestens einer Pumpe aufweisenden weiteren Druckquelle, die durch eine Steuereinheit ansteuerbar ist und mit deren Druck Radbremsen des Fahrzeugs beaufschlagbar sind, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit eine Ermittlungs- und Ansteuereinheit aufweist, zur Ermittlung einer Annäherung an einen Punkt des Unterschreitens eines vorgegebenen Verhältnisses der Hilfskraft zur Betätigungs Kraft (Aussteuerpunkt) des Vakumbremeskraftverstärkers (Boosters) und eines Druckgradienten im Hauptbremszylinder (THZ-Druckgradient) und zur Ansteuerung der weiteren Druckquelle zwecks Aufbau von zusätzlichem Bremsdruck,

wenn bei einer erkannten Annäherung an den Aussteuerpunkt des Boosters ein vorgegebener oder ermittelter Druckgradient-Grenzwert von dem ermittelten THZ-Druckgradienten überschritten wird.

10. Hydraulische Kraftfahrzeubremsanlage mit einer elektronischen Regelung mit einer Vorrichtung nach Anspruch 9.

Zusammenfassung**Verfahren zur Regelung des Druckaufbaus in einer elektronisch regelbaren Bremsanlage**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung des Druckaufbaus in einer elektronisch regelbaren Bremsanlage für vorzugsweise Kraftfahrzeuge, mit einem Hauptbremszylinder, insbesondere Tandemhauptbremszylinder (THZ), einem Vakuumbremskraftverstärker (Booster), mindestens einer weiteren Druckquelle für eine Bremskraftunterstützung, vorzugsweise eine hydraulische Pumpe, die durch eine Steuereinheit ansteuerbar ist und mit deren Druck Radbremsen des Fahrzeugs beaufschlagbar sind, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass eine Annäherung an einen Punkt des Unterschreitens eines vorgegebenen Verhältnisses der Hilfskraft zur Betätigungs kraft (Aussteuerpunkt) des Vakuumbremskraftverstärkers (Boosters) ermittelt wird, dass ein Druckgradient im Hauptbremszylinder (THZ-Druckgradient) ermittelt wird, und dass bei einer erkannten Annäherung an den Aussteuerpunkt des Boosters und bei Überschreiten eines Druckgradient- Grenzwerts von dem ermittelten THZ-Druckgradient die weitere Druckquelle für eine Bremskraftunterstützung angesteuert wird, zwecks Aufbau von zusätzlichem Bremsdruck.